

OPTIMALISEREN VAN DE BEHEERSING VAN DE VOEDSELVEILIGHEID OP KETENNIVEAU

Ons voedsel moet veilig zijn. Bedrijven moeten beheersmaatregelen nemen om dit te kunnen garanderen. Maar als verschillende bedrijven in een voedselketen maatregelen kunnen nemen, welk bedrijf moet dan welke maatregelen nemen om veilig voedsel tegen zo laag mogelijke beheerskosten te garanderen? En hoe kun je de bedrijven stimuleren ook daadwerkelijk deze maatregelen te nemen? Deze problemen zijn te analyseren met principaal-agent modellen. Dit artikel beschrijft de toepassing van deze modellen voor de gevaren *Salmonella* en *Mycobacterium avium* in varkensvlees.

COEN VAN WAGENBERG

Gevaren voor de voedselveiligheid kunnen worden beheerst bij verschillende bedrijven in de voedselketen (grondstoffenleveranciers, boeren, verwerkende industrie, supermarkt). Elk bedrijf beschikt hiervoor over mogelijke beheersmaatregelen met elk haar eigen effectiviteit en kosten. Economische belangen tussen bedrijven zijn echter tegengesteld. Neemt mijn leverancier de maatregel en draagt de kosten, of doe ik het en draag ik de kosten? Een afnemer houdt meestal onzekerheid of zijn leverancier daadwerkelijk beheersmaatregelen neemt, omdat hij dit niet direct kan observeren: er is informatie asymmetrie tussen deze twee partijen. Dit kan leiden tot ineffectieve en inefficiënte beheersing op ketenniveau. In geval van informatie asymmetrie kan een bedrijf worden gestimuleerd beheersmaatregelen te nemen via incentive mechanismen, die de prestatie van een boer meten en goede resultaten belonen en slechte resultaten bestraffen. Welke combinatie van maatregelen en incentive mechanismen leidt dan tot veilig voedsel tegen

de laagste kosten in totaliteit? Met een dynamische principaal-agent model zijn deze vragen te beantwoorden.

Het principaal-agent model

De problemen die ontstaan bij de interactie tussen twee ketenparijen in geval van informatie asymmetrie worden geanalyseerd in de incentive theorie (Laffont and Martimort, 2002). Dit artikel focust op het zogenaamde verborgenactie probleem (Moral Hazard). Een slachterij, de principaal, wil dat de toeleverde varkenshouder, de agent, voldoende beheersmaatregelen voor voedselveiligheid neemt. Echter, de slachterij is niet aanwezig bij de uitvoering daarvan en kan niet direct observeren welke maatregelen de varkenshouder heeft genomen. Na levering van de varkens aan het slachthuis bekijkt de slachterij de prestatie van de varkenshouder, bijvoorbeeld via bloedmonsters genomen tijdens de slacht.

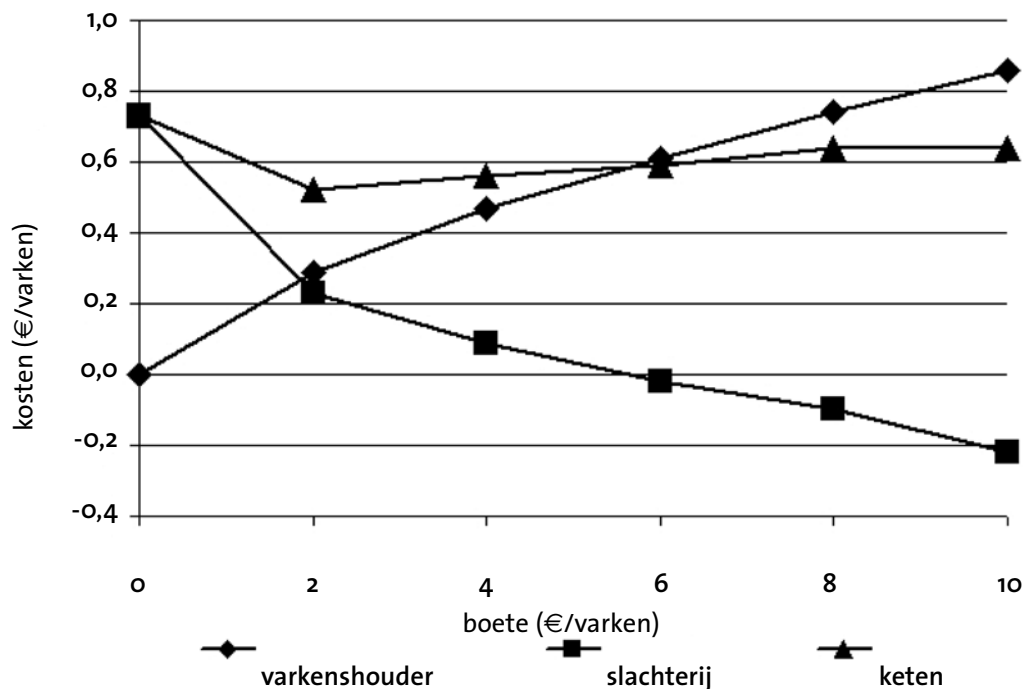
Om een varkenshouder te stimuleren maatregelen te nemen, wordt een incentive mechanisme ingezet. In het principaal-agent model wordt uitgegaan van rationele actoren en financiële beloningen. De varkenshouder neemt maatregelen als zijn verwachte financiële resultaat hoger is dan wanneer hij dat niet zou doen (de zogenaamde *incentive compatibility* randvoorwaarde). Daarbij moet de varkenshouder wel blijven leveren aan de slachterij (de participatie randvoorwaarde) en mag er geen alternatieve aflevermogelijkheid zijn die financieel aantrekkelijker is. Een belangrijk aspect dat een rol speelt bij het meten van de prestatie lichten we uit: reputatie. Reputatie via prestaties in de afgelopen perioden als onderdeel van de prestatie van de huidige periode kan de beheersing efficiënter maken.

Optimale beheersing van voedselveiligheid: *Salmonella* en *Mycobacterium avium*

We leggen de structuur, de werking en de resultaten van dit type model uit via de pathogenen *Salmonella* en *Mycobacterium avium* (*Ma*) in de varkensketen. *Salmonella* is een van de belangrijkste veroorzakers van maag- en darmproblemen bij mensen in de EU. *Ma* infecties, hoewel zeldzaam, kunnen vooral bij mensen met een slecht functionerend immuunsysteem leiden tot ontsteking van de lymfeknopen en de dood. De belangrijkste schakels in de varkensvleesketen om *Salmonella* te beheersen zijn de varkenshouder en de slachterij. *Ma* ontstaat op het primaire varkensbedrijf en kan alleen daar beheerst worden. Bij binnenkomst in het slachthuis worden de varkens getest op de aanwezigheid van *Salmonella* of *Ma* antistoffen in het bloed. De slachterij maakt extra kosten voor varkens met *Salmonella* besmetting en *Ma* besmetting vanwege extra handelingen aan deze dieren en de vernietiging van risicovolle delen. Voor beide

gevaaren hebben we de effectiviteit en kosten van verschillende pakketten van beheersmaatregelen op boerderijniveau gedefinieerd. De prestatie van de varkenshouder wordt gemeten via de hoeveelheid antistoffen tegen deze pathogenen in het bloed van een varken. Beide pathogenen komen vrij voor in de natuur en de kans op introductie in varkensbedrijven is met verschillende beheersmaatregelen te reduceren tot een acceptabel niveau. Door natuurlijke variatie kan de besmettingsgraad van de ene groep varkens verschillen van andere groepen. In de meting van de prestatie van de varkenshouder wordt daarom een gemiddelde gebruikt van de huidige en een aantal voorafgaande leveringen van de varkenshouder aan de slachterij. Voor beide gevaren is een dynamisch principaal-agent model ontwikkeld, waarbij elke levering één periode betreft. De beslissingsvariabele van de slachterij is de boete aan de varkenshouder voor varkens met een te hoge prevalentie. Deze boete maximaliseert opbrengst minus kosten van de slachterij, waarbij rekening wordt gehouden met de te verwachten acties van de varkenshouder. De opbrengst van de slachterij komt van de boete, de kosten zijn de extra productiekosten die het bedrijf moet maken voor besmette varkens. De beslissing van de varkenshouder is welke beheersmaatregelen te nemen. De varkenshouder weegt de kosten van maatregelen af tegen de boete die hij moet betalen voor een hoge prevalentie. Omdat zijn prestatie in de huidige periode afhangt van de prestatie in vorige periodes is dit een dynamisch beslissingsprobleem.

Optimalisatie van de doelfunctie van de slachterij vindt plaats via het systematisch doorlopen van alle mogelijke waarden die de boete kan aannemen (*grid search*). Voor elke waarde van de boete wordt het dynamische optimalisatieprobleem van de varkenshouder, gedefinieerd als een Markov keten, opgelost. Met de resulterende prevalentie van elke optimalisatie wordt het



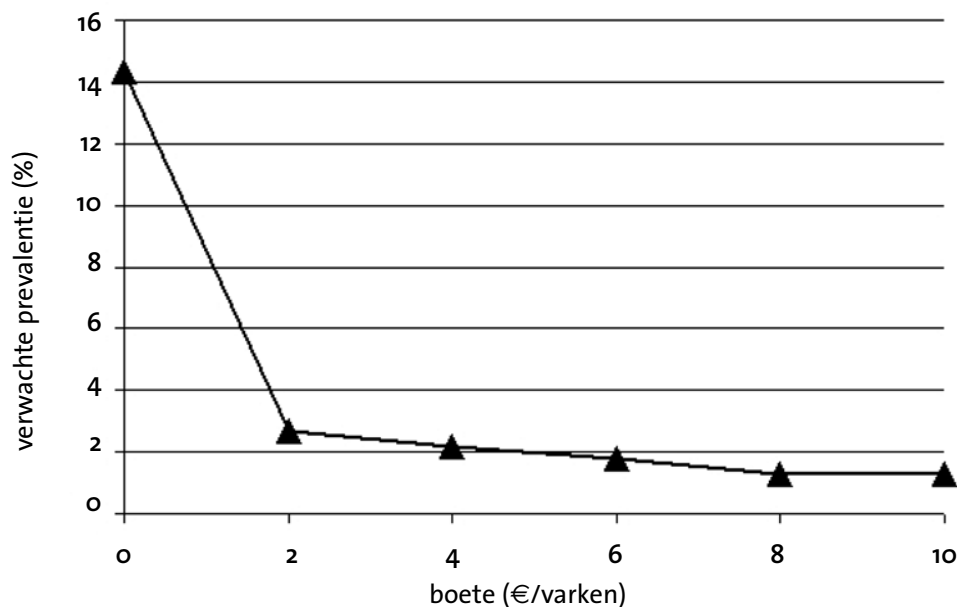
Figuur 1. Kosten bij de optimale strategie voor slachterij, varkenshouder en gezamenlijk bij verschillende boeteniveaus voor varkens met *Mycobacterium avium* besmetting

financiële effect voor de slachterij berekend. De slachterij kiest die boete die leidt tot het maximale financiële resultaat.

Figuur 1 geeft de resultaten van de kosten bij de optimale strategie van de varkenshouder, slachterij en gezamenlijk bij een boete van nul tot tien euro per varken met een *Ma* besmetting (Van Wageningen et al, submitted). Bij een boete van nul euro per varken heeft de varkenshouder geen prikkel om maatregelen te nemen. Bij een hogere boete nemen de kosten toe van de varkenshouder doordat hij maatregelen neemt en hij over de varkens met een *Ma* besmetting die hogere boete betaalt. De maatregelen leiden tot een lagere verwachte *Ma* prevalentie in de varkens (Figuur 2). De kosten van de slachterij nemen af (negatieve kosten zijn opbrengsten) bij een hogere boete door de hogere inkomsten vanuit de boetes en de lagere productiekosten, doordat minder varkens besmet zijn. Voor de keten zijn de kosten minimaal bij een boete van

2 euro per varken.

Voor *Salmonella* is geanalyseerd hoe prestaties uit het verleden via een reputatie-indicator gekoppeld aan de inspectiekans de kosten van testen kan reduceren zonder de effectiviteit van het systeem in gevaar te brengen. Een reputatie-indicator van een varkenshouder weegt de prestaties van zijn x voorgaande leveringen tot één waarde. Tabel 1 geeft de verwachte kosten van testen en beheersmaatregelen met gebruik van 2 leveringen en van 24 leveringen in een reputatie-indicator (King et al, 2007). De testkosten zijn bijna 75% lager bij het gebruik van 24 leveringen in de reputatie-indicator zonder dat de prevalentie verandert. Wel zijn de kosten van maatregelen iets (1%) hoger. De totale beheerskosten en testkosten van de *Salmonella* controle zijn bij gebruik van 24 leveringen € 0,06 per varken lager dan bij 2 leveringen. Bij slachting van 14 miljoen varkens per jaar in Nederland bedraagt de besparing op de kosten € 840.000 per jaar.



Figuur 2. Prevalentie bij de optimale strategie van de varkenshouder bij verschillende boeteniveaus voor varkens met *Mycobacterium avium* besmetting

Conclusies

Met behulp van principaal-agent modellen kunnen incentive mechanismen die het gedrag van bedrijven kunnen sturen worden doorgerekend. Omdat de gevolgen van invoering van incentive mechanismen in de dagelijkse praktijk groot kunnen zijn, kunnen deze modellen een aanzienlijke bijdrage leveren. Naast toepassing binnen voedselveiligheid zijn principaal agent modellen ook geschikt om de beheersing van de kwaliteit in voedselketens te optimaliseren.

LITERATUUR

King, R. P., Backus, G. B. C., & Gaag, M. A. van der (2007). Incentive systems for food quality control with repeated deliveries: *Salmonella* control in pork production. *European Review of Agricultural Economics* 34(1), 81-104.
 Laffont, J.-J., & Martimort, D. (2002). *The theory of incentives: the principal-agent model*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
 Van Wageningen, C. P. A., Backus, G. B. C., Urlings, H. A. P., Vorst, J. G. A. J. van der, & Wisselink, H. J. W. (submitted). Impact of testing accuracy on incentives for food safety control: optimal control actions for *Mycobacterium avium* in the pork supply chain. *Risk Analysis*.

COEN P. A. VAN WAGENBERG is als wetenschappelijk onderzoeker food quality in supply chains verbonden aan LEI Wageningen UR.
 E-mail: <Coen.vanwageningen@wur.nl>

	Reputatie 2 leveringen	Reputatie 24 leveringen
Verwachte kosten beheersmaatregelen (€/varken)	1,735	1,749
Verwachte test kosten (€/varken)	0,100	0,026
Verwachte keten kosten (€/varken)	1,835	1,775
Verwachte prevalentie (%)	15,91	15,78

Tabel 1. Verwachte kosten en prevalentie met 2 leveringen en 24 leveringen in een reputatie-indicator voor *Salmonella*